

本資料は下記論文をもとに作成したものです  
文書の内容の正確さは保障できないため、正確な知識を求める方は原文を参照してください

## 論文名

無線LANの受信電波強度分布間類似度による方向推定手法

## 著者


伊藤誠悟、佐藤弘和、河口信夫

## 出展

情報処理学会論文誌Vol.47 No.1

# 無線LANの受信電波強度分布 間類似度による方向推定手法

名城大学 工学部  
大西 鈴花



# 研究背景

- 無線LANの利用

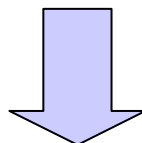
- 大学
- 企業
- 自宅
- 駅            etc...

- 無線LANを用いた位置推定システム

- 受信電波強度を利用

# 問題点

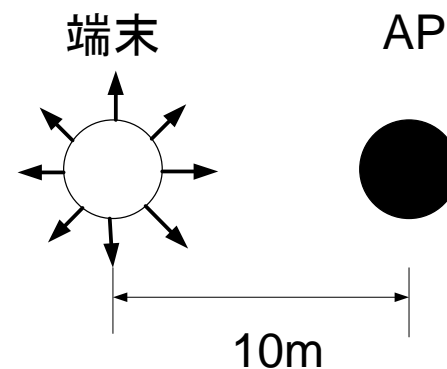
- 同一場所においても端末の向いている方向や持ち方等により受信電波強度は異なる
- 受信電波強度の違いは位置推定精度に大きく影響



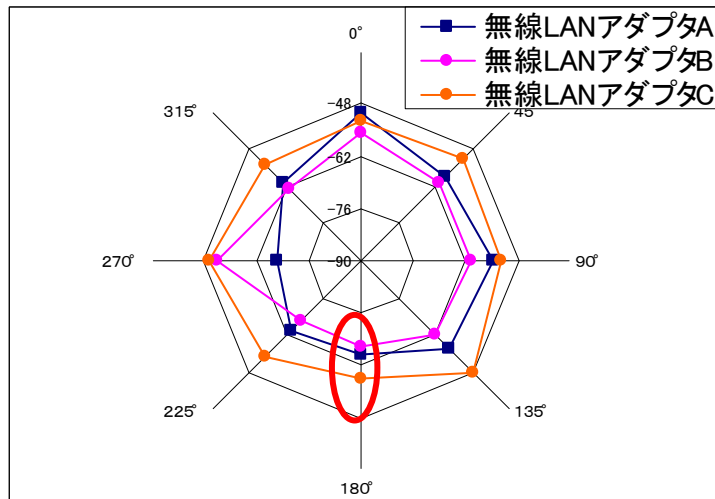
方向により受信電波強度が  
どの程度変化するのかについて調査する

# 調査における条件

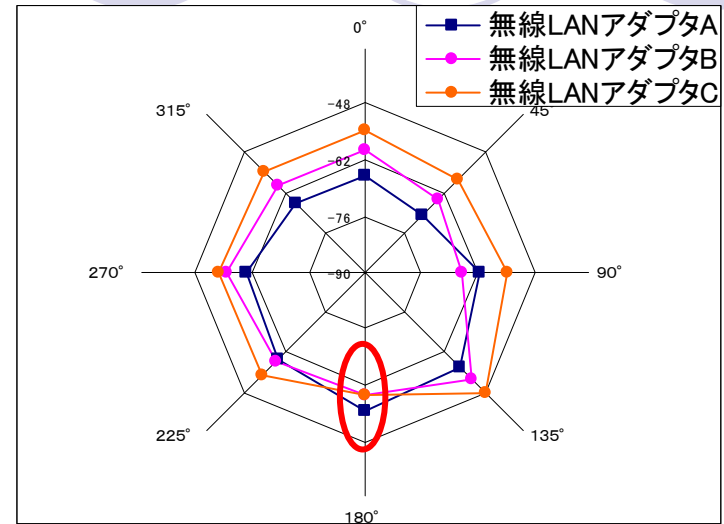
- 方向による違いの調査
  - APから10m離れた地点に置く
  - 相対角度が45° ごとの8方向に対して2分間ずつ
  - 屋外環境
- ユーザ自身の影響の調査
  - ユーザが端末を持つ
  - 円卓上に端末を置く
- 無線LANアダプタ間の違いの調査
  - 3種類の無線LANアダプタを使用



# 調査の結果



ユーザが保持



端末のみ

- 方向による違い
- 無線LANアダプタによる違い
- ユーザの影響による違い

# 目的


## ● 結論

- 方向、無線LANアダプタ、ユーザによる受信電波強度の違いを考慮する
- どこでも使える位置推定システムを構築する

## 今回の目的

方向による無線LANの受信電波強度分布の違いを利用して端末の方向推定を行う

# 提案方式



- Survey Phase

- 端末は各APからの受信電波強度分布の観測
- データは事前学習データベースとして利用

- Estimation Phase

- ユーザは方向推定を行いたい場所において一定時間各APからの受信電波強度分布を観測
- 端末がEstimation Phaseで観測したデータとSurvey Phaseで事前観測されたデータを用いて端末の方向推定を行う



# 事前準備段階(Survey Phase)

- まず状態の集合Sを定義する

- SはSurvey Phase において観測を行う際の各状態 $s_i$ より構成される

- 各状態 $s_i$ は端末の方向  $\theta_i$ と座標の $x_p, y_p$ より構成される

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \quad (k \text{は状態の数})$$

$$s_i = (\theta_i, x_p, y_p)$$

- 次に観測集合Oを定義する

- Oはある状態 $s_i$ においてそれぞれのAPの受信電波強度の観測 $o$ より構成される

- $o$ はAPのMACアドレス  $\beta$  と受信電波強度の値  $\alpha$  より構成される

$$O = (o_1, o_2, \dots, o_m) \quad (m \text{は観測回数})$$

$$o_i = \{(\beta_1, \alpha_{1i}), (\beta_2, \alpha_{2i}), \dots, (\beta_n, \alpha_{ni})\} \quad (n \text{はAPの数})$$

# 事前準備段階(Survey Phase)

- 観測集合 $O$ とそれぞれの観測 $o$ より端末はそれぞれのAPに対してある状態 $s_i$ における受信電波強度の確率分布を計算
- 確率分布はある状態 $s_i$ においてAP  $\beta$  から得られる受信電波強度  $\alpha$  の確率分布を表す

$$P(\alpha|\beta, s_i) = \frac{\text{状態 } s_i \text{ において } \beta \text{ から } \alpha \text{ が観測された回数}}{\text{状態 } s_i \text{ において } \beta \text{ が観測された回数}}$$

# 方向推定段階(Estimation Phase)

- 端末が観測を行っている状態を $s_j$ と定義する
- 状態 $s_j$ は端末の方向 $\theta_j$ と座標 $x_p, y_p$ より構成される
- 端末は状態 $s_j$ において一定時間各APからの受信電波強度を観測し、 $O_1$ とする
- $O_1$ より確率分布を計算する
- Survey Phaseにおける状態 $s_i$ の観測を $O_2$ とし、確率分布を計算する
- $O_1, O_2$ から $A_1, A_2$ を定義する

$A_1 =$  観測  $O_1$  において  $\beta$  から観測された  $\alpha$  の集合

$A_2 =$  観測  $O_2$  において  $\beta$  から観測された  $\alpha$  の集合

# 方向推定段階(Estimation Phase)

- A1, A2から集合Qを定義する

$$Q = \{q \mid q \in A_1 \cup A_2\}$$
$$P_{O_1}(Q) = P_{O_1}(\alpha | \beta, s_j)$$
$$P_{O_2}(Q) = P_{O_2}(\alpha | \beta, s_i)$$

- この確率分布を用いてそれぞれの分布間の類似度を定義する

$$JSD(P_{O_1}(Q), P_{O_2}(Q)) = \frac{1}{2} \left[ D(P_{O_1}(Q) \parallel \text{ave}P_{O_1}(Q), \text{ave}P_{O_2}(Q)) + D(P_{O_2}(Q) \parallel \text{ave}P_{O_1}(Q), \text{ave}P_{O_2}(Q)) \right]$$

$$\text{ave}P_{O_1}(Q), \text{ave}P_{O_2}(Q) = \frac{P_{O_1}(Q) + P_{O_2}(Q)}{2}$$


$$D(P_{O_1}(Q) \parallel P_{O_2}(Q)) = \sum_{q \in Q} P_{O_1}(q) \log \frac{P_{O_1}(q)}{P_{O_2}(q)}$$

# 類似度の計算

- それぞれのAPのJSDの値を計算
- 計算されたすべてのAPのJSD値の和をある観測における受信電波強度分布類似度として計算
- 下記の式の値が最も低い状態が方向推定の結果となる

$$Divergence(O_1, O_2) = \sum_{\beta=1}^n JSD(P_{O_1}(Q_\beta), P_{O_2}(Q_\beta))$$

# 評価実験



- Survey Phase

- 4方向( $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ )につき2分間ずつの電波強度分布の事前観測
- ユーザは自身の正面にノートPCを持つ

- Estimation Phase

- 観測時間の違いによる方向推定正解率の違い
- APの配置による方向推定正解率の違い
- 位置推定と方向推定を組み合わせた場合の正解率の違い

# 観測時間の違いに関する実験

無線LANの受信電波強度を観測する際にどの程度の時間観測を行えば十分な方向推定の正解率が得られるか

- 観測時間

- 2秒、4秒、6秒、12秒

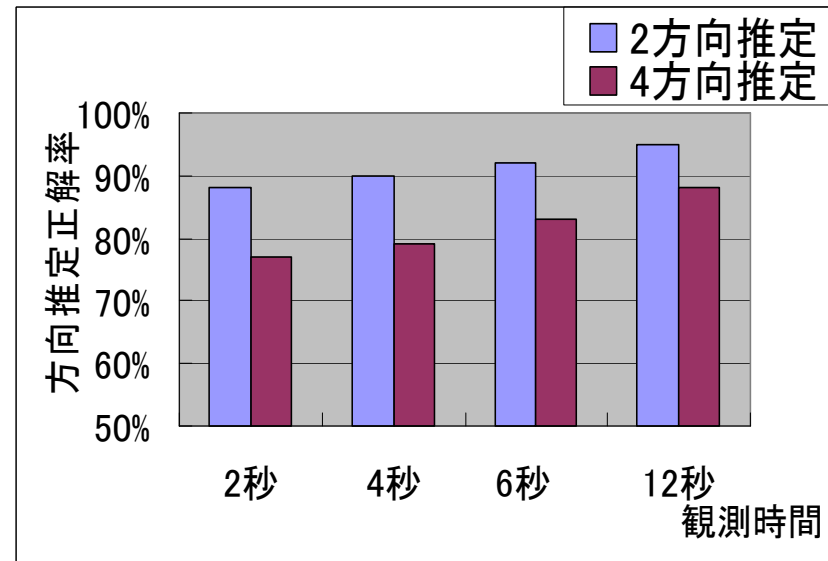
- 方向

- 2方向( $0^\circ$ 、 $180^\circ$  または  $90^\circ$ 、 $270^\circ$  )

- $0^\circ$ 、 $180^\circ$  と  $90^\circ$ 、 $270^\circ$  を同じ回数実施し、平均を取る

- 4方向( $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  )

# 観測時間の違いに関する実験の結果



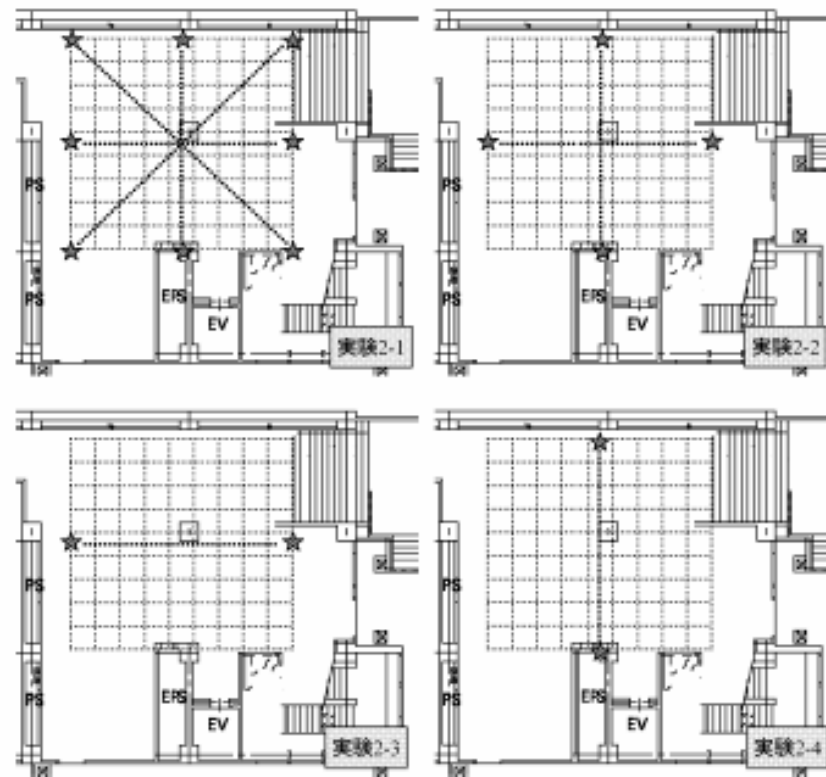
- 観測時間を増やすと方向推定率が向上
- 目的のサービスによって時間が異なるため、推定正解率との関係を考慮しなければならない



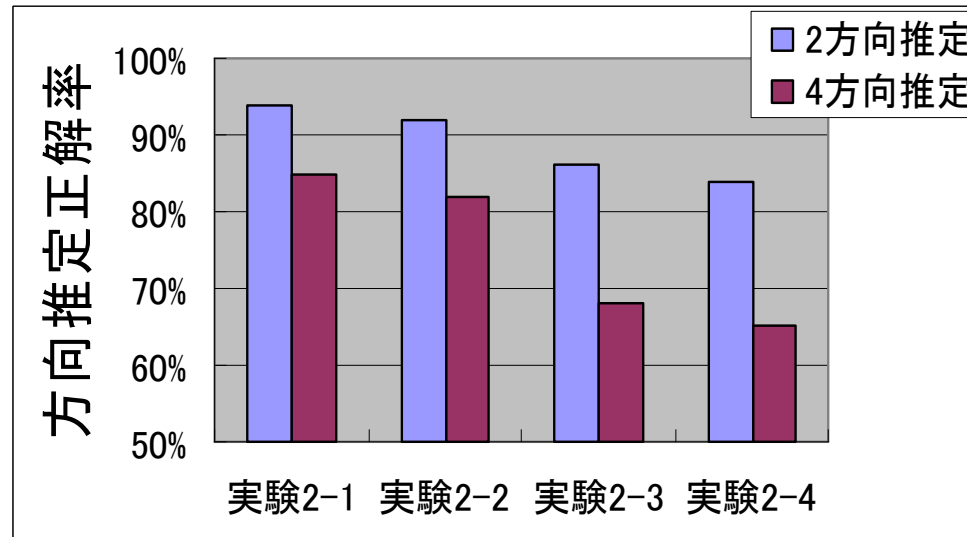
# AP配置の違いに関する実験

APの配置関係により方向推定正解率がどのように変化するか

- 右の4通りの配置でAPを設置
- 観測時間:6秒



# AP配置の違いに関する実験の結果



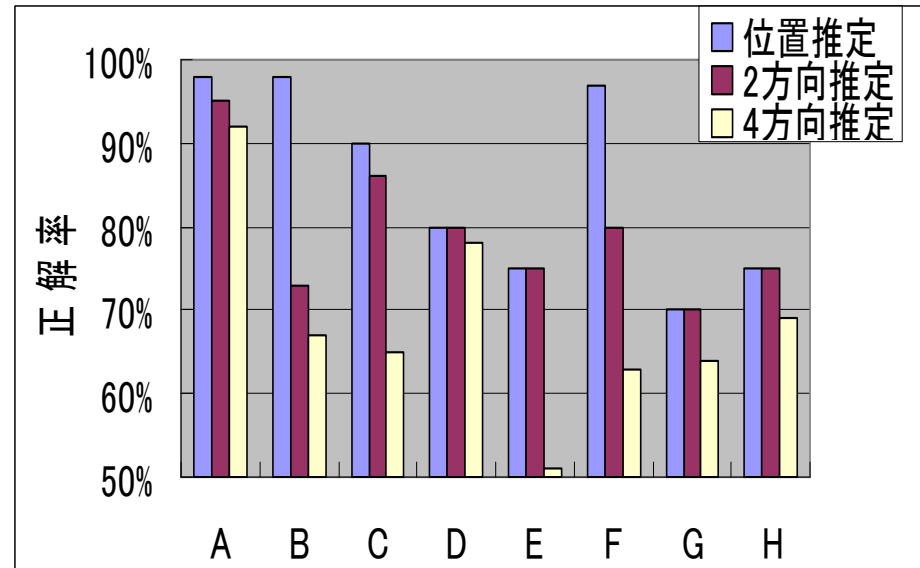
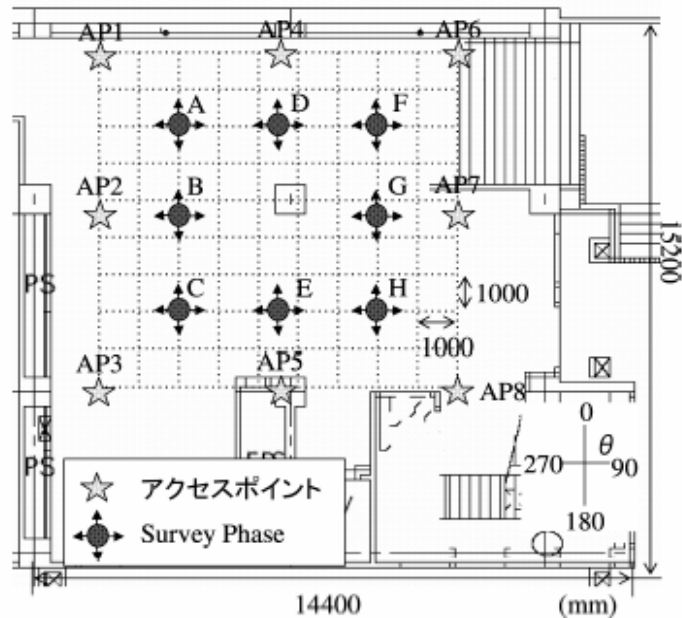
- 4方向の推定を行いたい場合にはAPが2つのみでは不十分
- 実験2-1, 2-2のようなAPの配置が求められる

# 位置推定と方向推定を組み合わせた実験


無線LANアダプタのみを用いて位置推定と方向推定を行った場合の正解率を検証

- 定義
  - 位置推定誤差が2.5m以内の場合正解
  - 方向推定は正しい方向が得られたら正解
- 観測時間:6秒
- APの配置: 実験2-1

# 位置推定と方向推定を組み合わせた実験の結果



- 実験全体の正解率
  - 位置推定+2方向推定 81%
  - 位置推定+4方向推定 70%



おわりに

- まとめ

- 方向による無線LANの受信電波強度の違いについて調査
- 無線LANの受信電波分布の違いを利用した方向推定手法の提案

- 今後

- 本方向推定手法を位置推定手法に取り入れることによって位置精度の改善を検討